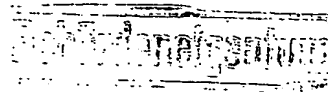




DEUTSCHES
PATENTAMT

⑳ Aktenzeichen: P 37 20 148.4
㉔ Anmeldetag: 16. 6. 87
㉕ Offenlegungstag: 18. 2. 88



DE 37 20 148 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1
16.06.86 US 874992

⑦1 Anmelder:
Wolff, George D., Winter Haven, Fla., US

⑦4 Vertreter:
von Föner, A., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Ebbinghaus,
D., Dipl.-Ing.; Finck, K., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw.,
8000 München

⑦2 Erfinder:
Wolff, George D.; Ziemacki, Michael S., Winter
Haven, Fla., US

⑤4 Stellsgeberbaueinheiten und Verfahren zu deren Herstellung

Es werden Konstruktionen für Stellsgeberbaueinheiten sowie Verfahren zu deren Herstellung offenbart. Die Stellsgeberbaueinheiten sind so ausgebildet, daß diese an einem Ende mit einer mehradrigen Leitung in Verbindung stehen und einen Leitungsrahmen aufweisen, der mit zwei Leitungen ausgestattet ist, die elektrisch mit den entsprechenden Adern an einem Ende der mehradrigen Leitung verbunden sind. Die Konstruktionen der Stellsgeberbaueinheiten und die Verfahren zu deren Herstellung sind speziell im Hinblick auf die Verwendung mit einer zweipoligen, integrierten Hall-Effekt-Sensorschaltung angepaßt, mit deren Hilfe Magnetfeldänderungen außerhalb der Schaltung erfaßt und ein Ausgangssignal erzeugt wird, das kennzeichnend für diese Änderung ist. Diese integrierte Schaltung umfaßt eine Einrichtung zur Beseitigung der Effekte irgendwelcher Hintergrundmagnetfelder oder von Rauschen. Bei einem Ausführungsbeispiel ist um das eine Ende der mehradrigen Leitung ein Rohr axial befestigt, wobei eine Einkapselung im Rohr und um die elektrischen Verbindungen zwischen dem Leitungsrahmen und den Adern der mehradrigen Leitung vorgesehen ist.

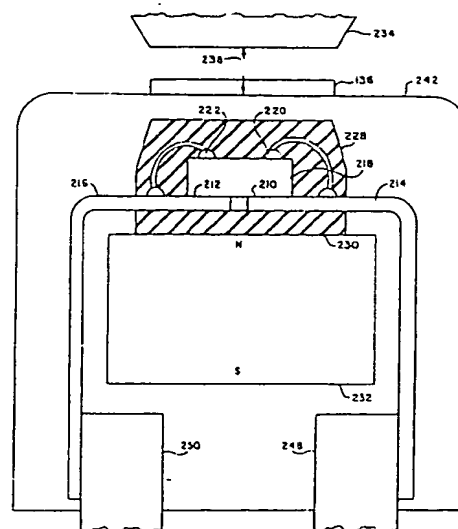


FIG. 11

DE 37 20 148 A 1

1. Verfahren zum Herstellen eines Stellsgebers, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

- man stellt einen Leitungsrahmen her, der ein vorbestimmtes Muster von Kontaktflächen (10, 12) aufweist, wobei eine bestimmte Kontaktfläche mit einer bestimmten Leitung (14, 16) verbunden wird,
- man befestigt auf mechanischem Weg ein IC-Sensorelement (18) an den Kontaktflächen des Leitungsrahmens,
- man verbindet entsprechende Kontaktflächen (10, 12) mit entsprechenden Kontaktanschlußflächen (20, 22) des Sensorelements mittels Kontaktdrähten (24, 26),
- man kapselt das IC-Sensorelement (18) und die Kontaktflächen (10, 12) in einer ersten Einkapselungsform (28) unter Ausbildung einer eingekapselten Baueinheit ein, die eine vorbestimmte Gestalt und einen erhöhten Teil über jeder Kontaktanschlußfläche aufweist,
- man trennt jede Leitung (14, 16) so ab, daß diese eine vorbestimmte Länge aufweist,
- man befestigt jede Leitung der eingekapselten Baueinheit mit einer entsprechenden Ader (48, 50) eines mehradrigen Kabels (52),
- man ordnet die eingekapselte Baueinheit und das befestigte Kabel (52) in einer zweiten Einkapselungsform (46) an, so daß jeder erhöhte Teil (34, 36) die Baueinheit mit einem vorbestimmten Abstand von einem Ende der zweiten Form (46) positioniert und
- man kapselt die Baueinheit und das mehradrige Kabel (52) unter Ausbildung eines eingekapselten Sensors ein, bei dem das Sensorelement einen vorbestimmten Abstand von einer Fläche des Sensors aufweist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt der Befestigung des mehradrigen Kabels (52) folgende Schritte umfaßt:

- man biegt jede Leitung (14, 16) der eingekapselten Baueinheit im wesentlichen senkrecht zu einer Ebene einer Fläche des IC-Sensorelements (18) und
- man schweißt jede Leitung (14, 16) an eine entsprechende Ader (48, 50) des mehradrigen Kabels (52) an.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß folgende weitere Schritte vorgesehen sind:

- man bringt um das mehradrige Kabel an dessen äußerstem Ende ein Rohr (161) an,
- man bildet einen längsverlaufenden Hohlraum (162, 163) in einem Ende des mehradrigen Kabels in der Nähe des Leitungsrahmens aus und positioniert zumindest eine der verschweißten Leitungen bzw. Adern im Hohlraum und
- man läßt das Einkapselungsmaterial in den Hohlraum und um die verschweißte Leitung bzw. Ader während des zweiten Einkapsel-

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß folgende weitere Schritte vorgesehen sind:

- man bildet an dem dem Hohlraum (162, 163) benachbarten Ende des Rohres (161) zumindest ein Loch (166, 167) in radialer Richtung aus, das in Verbindung mit dem Hohlraum steht und
- man läßt Einkapselungsmaterial in das Loch (166, 167) während des zweiten Einkapselungsschrittes fließen.

5. Stellsgeberbaueinheit, gekennzeichnet durch

- ein IC-Sensorelement (18),
- einen Leitungsrahmen, der eine Vielzahl von Leitungen (14, 16) mit vorbestimmter Länge aufweist,
- elektrisch leitende Mittel (24, 26), die Kontaktanschlußflächen (20, 22) des IC-Sensorelements (18) mit den entsprechenden Leitungen (14, 16) verbinden,
- ein mehradriges Kabel (52), das eine Vielzahl von Adern (48, 50) aufweist, wobei jedes Adernende mit einer entsprechenden Leitung (14, 16) des Leitungsrahmens verbunden ist und um das Ende des Kabels (52) ein Rohr (161) angeordnet ist und
- eine Einkapselung um das IC-Sensorelement (18) und den Leitungsrahmen sowie in dem Rohr (161) am Ende des mehradrigen Kabels (52).

6. Stellsgeberbaueinheit nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das IC-Sensorelement (18) einen Hall-Effekt-Sensor aufweist.

7. Stellsgeberbaueinheit nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß jede Leitung (14, 16) des Leitungsrahmens senkrecht zu einer Ebene einer Fläche des IC-Sensorelements (18) gebogen ist.

8. Sensorbaueinheit zum Erfassen der Position einer magnetisch-ansprechenden Masse, gekennzeichnet durch

- a) eine zweipolige, integrierte Schaltung (218), die einen integrierter Hall-Effekt-Sensor zum Erfassen irgendwelcher Änderungen des Magnetflusses infolge der Masse aufweist,
- b) einen Leitungsrahmen mit einer Vielzahl von Leitungen (214, 216),
- c) Mittel zum elektrischen Verbinden der beiden Anschlüsse (220, 222) der Schaltung (218) mit entsprechenden Leitungen (214, 216) des Leitungsrahmens und
- d) Einkapselungsmittel, die um die Schaltung (218) und zumindest einen Teil der Leitungen (214, 216) des Leitungsrahmens vorgesehen sind.

9. Sensorbaueinheit nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß zusammen mit der Schaltung (218) und dem Leitungsrahmen eine Einrichtung (232) zum Erzeugen eines Magnetfeldes vorgesehen ist.

10. Sensorbaueinheit nach Anspruch 8, dadurch ge-

kennzeichnet, daß ein mehradriges Kabel vorgesehen ist, dessen jeweilige Ader (248, 250) mit dem Ende an einer entsprechenden Leitung (214, 216) des Leitungsrahmens befestigt ist.

11. Verfahren zum Erfassen der Stellung eines Elements, das eine magnetisch-ansprechende Masse aufweist, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

- a) man positioniert eine elektronische Schaltung, die eine Nullungsschaltung und ein Hall-Effekt-Sensorelement aufweist, das eine Änderung des Magnetfeldes zwischen dem Element und der Schaltung mißt,
- b) man erzeugt ein sich änderndes Magnetfeld zwischen dem Element und dem Hall-Effekt-Sensor,
- c) man beseitigt die Wirkungen irgendeines im Hintergrund verbleibenden Magnetfeldes mit Hilfe der Nullungsschaltung und
- d) man erfaßt die Magnetfeldänderung infolge der Bewegung des Elements.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß

- man die elektronische Schaltung mit zwei Anschlußklemmen ausstattet,
- man einen Leitungsrahmen vorsieht, der zwei Leitungen aufweist, und die beiden Anschlußklemmen der Schaltung mit den beiden Leitungen des Leitungsrahmens verbindet und
- man profiliert die Leitungen des Leitungsrahmens, so daß diese an dem Ende eines mehradrigen Kabels befestigbar sind und die Sensorbaueinheit innerhalb enger Grenzen positionierbar ist.

13. Sensorbaueinheit mit einer elektronischen Schaltung zum Erfassen der Stellung einer magnetisch-ansprechenden Masse, die sich in bezug auf die Sensorbaueinheit bewegt, gekennzeichnet durch

- a) eine zweipolige, integrierte Schaltung (218, 310) mit einem integrierten Hall-Effekt-Sensor (312) zum Erfassen einer Magnetfeldänderung, der zur Schaltung eigenständig ist und ein Ausgangssignal erzeugt, das charakteristisch für die Änderung ist,
- b) einen Leitungsrahmen mit zwei Leitungen (214, 216), die mit den beiden Polen (220, 222) der Schaltung elektrisch verbunden sind,
- c) einen Permanentmagneten (232), der ein statisches Magnetfeld erzeugt und mit den Leitungen und der Schaltung befestigt ist,
- d) ein mehradriges Kabel, das an einem Ende an dem Leitungsrahmen befestigt ist, wobei jede Leitung (214, 216) des Leitungsrahmens elektrisch mit einer Ader (248, 250) des mehradrigen Kabels verbunden ist,
- e) Mittel zum Einkapseln und Umhüllen der Sensoreinrichtung, der Leitungen und des Permanentmagneten und zum Ausbilden einer Sensorelement-Magnetbaueinheit, und wobei
- f) die Schaltung Mittel zum Beseitigen der Wirkungen von irgendeinem Hintergrundrauschen aufweist.

14. Sensorbaueinheit nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß um den Außenumfang eines Endes des mehradrigen Kabels ein Rohr (161) axial vorgesehen ist und daß eine Einkapselung in dem Rohr (161) vorgesehen ist, die die Verbindungen zwischen den Leitungen (114, 116) des Leitungsrahmens und den Adern (165) des Kabels umgibt.

15. Sensorbaueinheit nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß an dem Leitungsrahmen ein Fortsatz (160) vorgesehen ist, der sich axial in das eine Ende des mehradrigen Kabels erstreckt und daß die Einkapselung den Fortsatz umgibt.

16. Sensorbaueinheit nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Rohr (161) radiale Löcher (166, 167) jenseits des einen Endes des mehradrigen Kabels vorgesehen sind, wobei sich die Einkapselung durch diese Löcher hindurch erstreckt und sich in den Löchern verankert.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft Stellungsgeber und Verfahren zu deren Herstellung, insbesondere Stellungsgeberbaueinheiten, die von einer Festkörperschaltkreistechnik Gebrauch machen und eine gegen eine raue Behandlung unempfindliche Konstruktion aufweisen, die sich für den Einsatz in ungünstigen Umgebungen, wie z. B. bei Verbrennungsmotoren eignen.

Stellungsgeber finden bei vielfältigen Anwendungsfällen Verwendung, einschließlich der Verwendung bei Verbrennungsmotoren. Beispielsweise werden bei diesen Motoren typischerweise Nadel- oder Tellerventile benutzt, die in zeitlich festgelegten Intervallen geöffnet und geschlossen werden, um die gewünschten Kraftstoffmengen in den Zylinder zur Verbrennung einzuspritzen. Um die Kraftstoffausbeute zu maximieren und die unerwünschten Abgasemissionen zu minimieren, ist es erwünscht, die Betätigung des Kraftstoffeinspritzelements in Bezug auf die Motorkurbelwellenstellung zu erfassen. Die Öffnung des Kraftstoffeinspritzelements (d. h. des Nadelventils, Tellerventils usw.) kann dann eingestellt und in zeitlich festgelegter Beziehung zur Motorkurbelwellenstellung gesteuert werden. In dieser Hinsicht ist es bekannt, daß die Anfangsversetzung zwischen dem Kraftstoffeinspritzelement und seinem entsprechenden Sitz den Beginn der Einspritzung bestimmt. Demzufolge ist es erforderlich, die anfängliche Versetzung der Nadel vom Sitz relativ zur Drehstellung der Motorkurbelwelle zeitlich festzulegen oder zu steuern, um die Kraftstoffausbeute zu maximieren und die unerwünschten Emissionen reduzieren zu können.

Die US-PSen 43 59 895, 43 86 522 und 43 97 180 offenbaren verschiedene Ventilstellungsgeber für Nadel und Tellerventile, die zur Erfassung der Bewegung eines an dem Nadel- oder Tellerventil befestigten Magneten einen Hall-Effekt-Sensor verwenden.

Im Hinblick auf US-Patente sind die folgenden von Interesse: 39 13 537, 36 05 703, 26 05 141, 40 46 112, 41 61 161, 40 36 192, 40 69 800, 39 52 711, 39 21 604, 40 50 431, 37 96 206, 33 44 663, 40 96 841 sowie 34 16 506. Außerdem sind die folgenden weiteren Patente von Interesse: DE-AS 10 49 635, GB 8 41 202 und 4 43 124 sowie FR 24 44 812.

Die im vorletzten Absatz erwähnten Patentschriften offenbaren zahlreiche Einbaukonfigurationen für elektronische Schaltungen, die einen Hall-Effekt-Sensor zur Messung dynamischer Magnetfeldänderungen infolge des sich mit einem Nadel- oder Tellerventils bewegenden

den Magneten verwenden. Im Hinblick auf integrierte Schaltungen in einer derartigen Umgebung sind die folgenden Artikel von Interesse: "Impact of Silicon Substrates on Leakage Currents", Slotboom, et al., IEEE Electron Device Letters, vol. EDL-4 Nr. 11, November 1983; "Low Voltage Bipolar Circuits", by Derek Bray, Monochip Application Note APN-25, a publication of Interdesign, Inc.; und im Hinblick auf Hall-Effekt-Sensoren: The Hall-Effect and its Applications, C.L. Chein, et al., Plenum Press, New York, (1980), und insbesondere der darin enthaltene Artikel "The Hall-Effect in Silicon Circuits" von J.T. Maupin, et al.

Es ist Aufgabe der Erfindung, Stellsgebereinheiten und Verfahren zu deren Herstellung vorzuschlagen, die einen sicheren Betrieb unter schwierigen Bedingungen ermöglichen bzw. die eine kostengünstige Herstellung ermöglichen.

Die Lösung dieser Aufgabe ergibt sich anhand der Ansprüche.

Es werden somit Konstruktionen für Stellsgeberbaueinheiten sowie Verfahren zu deren Herstellung offenbart. Die Stellsgeberbaueinheiten sind so ausgebildet, daß diese mit einem Ende einer mehradrigen Leitung in Verbindung stehen und einen Leitungsrahmen eingebaut haben, der ein Paar Leitungen aufweist, die mit entsprechenden Adern an dem einen Ende der mehradrigen Leitung elektrisch verbunden sind. Die Konstruktionen für die Stellsgeberbaueinheiten und die Verfahren zu deren Herstellung sind speziell für die Verwendung mit einer zwei Anschlüsse aufweisenden, integrierten Hall-Effekt-Sensorschaltung angepaßt, die zur Erfassung von Magnetfeldänderungen außerhalb der Schaltung verwendbar ist und ein Ausgangssignal erzeugt, das für diese Änderung charakteristisch ist. Diese integrierte Schaltung umfaßt eine Einrichtung zur Aufhebung bzw. Minimierung der Wirkungen irgendwelcher Hintergrundmagnetfelder oder von Rauschen. Bei einem Ausführungsbeispiel ist um das eine Ende der mehradrigen Leitung ein Rohr axial angeordnet, wobei eine Einkapselung in dem Rohr und um die elektrischen Verbindungen zwischen dem Leitungsrahmen und den Adern der mehradrigen Leitung vorgesehen ist.

Die integrierte Elektronikschaltung, die hier beschrieben und in Verbindung mit dem zweiklemmigen Aufbau der erfindungsgemäßen Stellsgeberbaueinheiten verwendet wird, ist auch in den US-Patentanmeldungen Nr. 6 33 235, 7 01 935 und 7 76 533 beschrieben.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 einen auf einem Leitungsrahmen befestigten integrierten Sensor gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel in Draufsicht von oben;

Fig. 2 den Sensor der Fig. 1 nach einer ersten Einkapselung in Draufsicht von oben;

Fig. 3 den Sensor der Fig. 2 in Seitenansicht;

Fig. 4 eine Ansicht des Sensors der Fig. 1 bis 3, während dieser in einer Form für den zweiten Einkapselungsprozeß angeordnet ist;

Fig. 5 einen auf einem Leitungsrahmen, angeordneten integrierten Sensor gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel;

Fig. 6 bis 10 Ansichten, die ähnlich den Ansichten der Fig. 2 bis 4 sind und die die Herstellungsschritte des zweiten Ausführungsbeispiels verdeutlichen;

Fig. 11 einen integrierten Bewegungssensor nach einem anderen Ausführungsbeispiel in Querschnittsansicht;

Fig. 12 eine Querschnittsansicht einer Sensor- und

Magnetbaugruppe eines hohlen zylindrischen Elements und von Steckerstiften, die in einer schnellen Verbindung oder ein schnelles Lösen der Verbindung ermöglichenden Buchse eingeschlossen sind;

Fig. 13 eine Zahnradzahn-Sensorbaueinheit, die mittels zweier aufeinanderfolgender Formvorgänge hergestellt wurde, in Querschnittsansicht;

Fig. 14 Vorsprünge, die von der Sensor- und Magnetbaueinheit der Fig. 11 bis 13 wegragen und der Zentrierung der Baueinheit in der Spritzgießform während des Herstellungsprozesses dienen;

Fig. 15 ein Blockdiagramm einer elektronischen Sensorschaltung;

Fig. 16 und 17 Schaltkreisschemen, die die elektronische Schaltung weiter verdeutlichen;

Fig. 18, 19 und 20 aufeinanderfolgende Schritte bei der Herstellung eines Teils einer elektronischen, integrierten Schaltkreiskomponente.

In Fig. 1 ist ein Leitungsrahmen gezeigt, der zwei Kontaktflächen (10 und 12) sowie zwei entsprechende Leitungen (14 bzw. 16) aufweist. Ein IC (integrierte Schaltung)-Chip (18), vorzugsweise ein Hall-Effekt-Sensor, ist auf den Kontaktflächen (10 und 12) befestigt, wobei jedoch zwischen dem Chip und den Kontaktflächen eine elektrische Isolierung vorliegt. Das IC-Chip (18) weist Kontaktanschlußflächen (20 und 22) auf, die als elektrische Eingangs- und Ausgangsklemmen für die auf dem IC-Chip vorgesehene elektrische Schaltung dienen. Jede der Kontaktanschlußflächen (20 und 22) ist elektrisch mit einer entsprechenden Kontaktfläche der Kontaktflächen (10 und 12) des Leitungsrahmens verbunden. Die Draht- bzw. Adernverbindungstechniken zum elektrischen Verbinden der Kontaktanschlußflächen (20 und 22) und der Kontaktflächen (10 und 12) sind bekannt.

Die Kontaktflächen (10 und 12) und die zugehörigen Leitungen (14 und 16) sind plattiert, um die mechanische und elektrische Verbindung des IC-Chips (18) mit dem Leitungsrahmen zu erleichtern. Diese Plattierung kann in Form einer vollständigen Plattierung des Leitungsrahmens oder alternativ nur auf diejenigen Bereiche des Leitungsrahmens beschränkt werden, an denen entweder ein mechanischer oder elektrischer Kontakt hergestellt werden soll. Es ist zu bemerken, daß der Chip (18) außerhalb des Zentrums der Kontaktfläche (10 und 12) mechanisch befestigt ist, um einen ausreichenden Teil der Leitungsrahmenfläche für die Drahtverbindung freizusetzen.

Nachdem der Chip (18) mechanisch und elektrisch mit den Kontaktflächen (10 und 12) verbunden wurde, wird diese Baueinheit in eine Form gesetzt, deren Gestalt im wesentlichen den gestrichelten Linien (28) entspricht. Die Baueinheit wird dann eingekapselt, wobei vorzugsweise ein Spritzpreß-Isolationsmaterial verwendet wird. Wie aus der nachfolgenden Erörterung der Fig. 2 und 3 ersichtlich werden wird, weist die Form erste und zweite Vertiefungen auf, die über den Kontaktdrähten (24 und 26) zentriert sind, wodurch kegelförmige Vorsprünge aus Einkapselungsmaterial zum Schutze der Kontaktdrähte (24 und 26) über diesen ausgebildet werden.

Nachdem das Einkapselungsmaterial ausgehärtet ist, werden der Leitungsrahmen und der Chip (18) aus der Form entfernt und der Überschußteil des Leitungsrahmens in bekannter Weise weggeschnitten.

In Fig. 2 ist eine Draufsicht auf die sich ergebende, eingekapselte Sensorbaueinheit nach dem ersten Einkapselungsschritt gezeigt. Die eingekapselte Baueinheit hat radiale Ecken (30), die auf dem Umfang eines imagi-

nären Kreises (32) liegen. Dieser imaginäre Kreis (32) stellt einen Kreis dar, dessen Durchmesser etwa dem Außendurchmesser der mehradrigen Leitung entspricht, die mit der Sensorbaueinheit verbunden werden soll. Die über den Kontaktdrähten (24 und 26) ausgebildeten Vorsprünge (34 und 36) sind auch in Fig. 2 sichtbar. Die gestrichelten Linien (38 und 40) stellen geätzte Flächen oder Perforationen in den Leitungen (14 bzw. 16) dar. Wie später ersichtlich, dienen diese geätzten Linien zur Definition des Punktes, an dem die Leitungen (14 und 16) gebogen werden können. Solch eine Ätzung oder solche Perforationen können in den Leitungen (14 und 16) als Teil der Herstellung des Leitungsrahmens vor der Einkapselung ausgeführt werden.

Fig. 3 stellt eine Seitenansicht der in Fig. 2 gezeigten Sensorbaueinheit dar, so wie diese nach dem ersten Einkapselungsprozeß vorliegt. Die Fig. 3 verdeutlicht besser die Vorsprünge (34 und 36), die vorzugsweise konische Vorsprünge über der Fläche des eingekapselten Sensors darstellen. Die gestrichelten Linien (42 und 44) verdeutlichen die Stellung der Leitungen (14 und 16) nach der Verbiegung an den geätzten Linien (38 und 40). Diese konischen Vorsprünge (34 und 36) erfüllen eine Doppelfunktion, nämlich eine Schutzfunktion im Hinblick auf die Drahtverbindung mit dem Chip (18) während der Handhabung sowie die Funktion eines sicheren Stopps für die Anordnung der Baueinheit in der letzten Form für den zweiten Einkapselungsprozeß.

In Fig. 4 ist ein Teilquerschnitt der in einer Form 46 für den letzten Einkapselungsprozeß vorgesehenen Sensorbaueinheit dargestellt. Die Leitungen (14 und 16) wurden nun in einer Richtung senkrecht zur Ebene des eingekapselten Chip (18) gebogen. Von einer mehradrigen Leitung oder einem mehradrigen Kabel (52) ragen Leitungsdrähte (48 und 50) weg. Diese Drähte (48 und 50) sind an den Leitungen (14 und 16) durch Schweißen, Weichlöten oder Hartlöten oder andere bekannte Mittel befestigt, um einen sicheren elektrischen Kontakt herzustellen. Die konischen Vorsprünge (34 und 36) dienen als Führung zur Positionierung der Sensorbaueinheit in der Einkapselungsform (46). Die Vorsprünge (34 und 36) stellen sicher, daß die Sensoreinrichtung bzw. der Chip (18) einen vorbestimmten Abstand von der End- bzw. Stirnfläche der endgültig eingekapselten Sensorbaueinheit aufweist. Für die zweite Einkapselung wird die Form (46), die das Ende des mehradrigen Kabels (52) enthält, mit einem Spritzpreß-Isolationsmaterial gefüllt, das dann Aushärten kann, ehe die eingekapselte Baueinheit entfernt wird. Es sollte bemerkt werden, daß die radialen Ecken (30) an den Seiten des Hohlraums der Form (54) anstoßen, um den zum ersten Mal eingekapselten Sensor exakt in dem Hohlraum der Form (46) für die zweite Einkapselung zu positionieren. Nach der zweiten und letzten Einkapselung bilden das Sensorelement und das mehradrige Kabel (52) eine einzige Einheit.

Die endgültig eingekapselte Sensorbaueinheit weist in geeigneter Weise eine derartige Größe auf, daß diese in den Durchgang einer Kraftstoffeinspritzdüse paßt (vergleiche Bezugszeichen 52 in der US-PS 43 86 522), und wird am Boden des Durchganges in einem Halter aus nichtmagnetischem Material, wie z. B. rostfreiem Stahl, positioniert. Der Sensor arbeitet mit einem Permanentmagneten zusammen, der auch in dem Kraftstoffeinspritzsystem derart angeordnet ist, daß das Öffnen oder Schließen einer Kraftstoffeinspritzdüse durch eine relative Bewegung des Magneten bezüglich des Sensors ermittelt werden kann.

Mit Bezug auf die Fig. 5 bis 8 wird nachfolgend ein zweites Ausführungsbeispiel eines integrierten Sensors und eines diesbezüglichen Verfahrens beschrieben.

Wie aus Fig. 5 ersichtlich, ist ein IC-Chip (118) auf dem dazugehörigen Leitungsrahmen angeordnet, wobei zwei Leitungen (114 und 116) mit diesem Leitungsrahmen verbunden sind und diese Verbindung nach der ersten Einkapselung in einer Weise umhüllt ist, die ähnlich der mit Bezug auf Fig. 1 beschriebenen Weise ist. Fig. 5 verdeutlicht ebenso die elektrische Verbindung des IC-Chips (118) durch eine Drahtverbindung zwischen den Kontaktanschlußflächen (120 und 122) des Chips und den Kontaktflächen (110 und 112) des Leitungsrahmens. Das Ausführungsbeispiel der Fig. 5 bis 10 weist, wie dies deutlich aus Fig. 10 ersichtlich ist, einen Fortsatz (160) auf, der in das Ende eines Rohres (161) eingesetzt ist und sich vom Leitungsrahmen in das Ende des mehradrigen Kabels (52) erstreckt. Wie aus Fig. 10 ersichtlich, ist das Rohr (161) axial entlang der Außenseite des mehradrigen Kabels (164) befestigt. Dieser Fortsatz (160) weist zwei längsverlaufende Hohlräume (162 und 163) auf, die während der ersten Einkapselung ausgebildet wurden, um die isolierten Leitungsdrähte des mehradrigen Kabels aufzunehmen, wobei einer dieser Leitungsdrähte in den Fig. 7 und 10 durch das Bezugszeichen (164) verdeutlicht ist.

Der unisolierte Drahtabschnitt (165) des Leitungsdrachts (164) ist an die gebogene Leitung (114) angeschweißt, und die andere gebogene Leitung (116) ist gleichfalls an dem anderen Zuleitungsdraht angeschweißt (zum Zwecke der Darstellung in der Fig. 1 nicht gezeigt). Die Hohlräume (162 und 163) sind so ausgebildet, daß beide zur Innenseite des Rohres (161) durch die Isolierung der Leitungsdrähte abgeschlossen sind, wodurch kein Einkapselungsmaterial während der zweiten Einkapselung in das Rohr eindringen kann.

Wie aus Fig. 10 ersichtlich, sind in dem Rohr (161) radiale Löcher (166 und 167) ausgebildet. Diese Löcher sind vorzugsweise rund, können jedoch auch irgendeine andere Form aufweisen. Während der zweiten Einkapselung, die oben mit Bezug auf die Fig. 1 bis 4 beschrieben wurde, fließt das Einkapselungsmaterial in den Bereich (168), um den gebogenen Führungsrahmen einschließlich der Leitungen (114 und 116), kommt dann in die Hohlräume (162 und 163) und danach in die Löcher (166 und 167). Dies sichert und verankert das Rohr (161) an der zweiten Einkapselung.

Vorzugsweise weist der Fortsatz (160) der ersten Einkapselung einen Außendurchmesser auf, der dem Innendurchmesser des Rohres (161) entspricht, und ein Ende (172) mit abgeschrägten Kanten auf, das ein leichtes Einsetzen in das Rohr (161) sicherstellt. An der ersten Einkapselung sind Anschläge (173 und 174) vorgesehen, die verhindern, daß die erste Einkapselung zu weit in das Rohr (161) gestoßen wird. Dies verhindert irgendwelche Schwierigkeiten, die sich aus einem unzureichenden Fließbereich für das Einkapselungsmaterial ergeben, um die Hohlräume (170 und 171) und die Perforationen (166 und 167) füllen zu können.

Mit Bezug auf die Fig. 11 bis 14 wird nachfolgend ein weiteres Ausführungsbeispiel beschrieben.

Aus der Fig. 11 sind zwei Kontaktflächen (210 und 212) und zwei entsprechende Leitungen (214 bzw. 216) ersichtlich. Ein IC-Chip (218), vorzugsweise ein Hall-Effekt-Sensor, wie der nachfolgend mit Bezug auf die Fig. 15 bis 20 beschriebene, ist auf den Kontaktflächen (210 und 212) in elektrisch isolierter Weise befestigt. Dieser IC-Chip (218) weist Kontaktanschlußflächen

(220 und 222) auf, die als elektrische Eingangs- und Ausgangsklemmen für die auf dem IC-Chip vorgesehene elektrische Schaltung dienen. Jede der Kontaktanschlußflächen (220 und 222) ist mit einer entsprechenden Kontaktfläche der Kontaktflächen (210 und 212) durch eine Drahtverbindung verbunden. Drahtverbindungstechniken zum elektrischen Verbinden der Kontaktanschlußflächen (220 und 222) des Chip mit den Kontaktflächen (210 und 212) der Leitungen (214 und 216) sind bekannt.

Die Kontaktflächen (210 und 212) und die zugeordneten Leitungen (214 und 216) sind plattiert, um die mechanische und elektrische Verbindung des Chip (218) mit dem Leitungsrahmen zu erleichtern. Diese Plattierung kann in Form einer vollständigen Plattierung des Leitungsrahmens oder alternativ durch Plattieren lediglich von Bereichen des Leitungsrahmens, an denen ein mechanischer oder elektrischer Kontakt hergestellt werden soll, vorgenommen werden. Es sollte bemerkt werden, daß der IC-Chip (218) außerhalb des Zentrums der Kontaktflächen (210 und 212) mechanisch befestigt ist, um einen ausreichenden Teil der Leitungsrahmenfläche für die Drahtverbindung freizulegen.

Nachdem der Chip (218) mechanisch und elektrisch mit den Kontaktflächen (210 und 212) verbunden wurde, wird diese Baueinheit in eine Form gegeben, deren Gestalt dem in Fig. 11 schraffierten Bereich entspricht und deren Kontur mittels der Linie (228) verdeutlicht ist. Die Baueinheit wird dann eingekapselt, vorzugsweise unter Verwendung eines Spritzpreß-Isolationsmaterials. Dieses Isolationsmaterial bildet nahe dem Chip (218) eine planare Fläche (230), mit der ein Magnet (232) verbunden wird. Dieser Magnet (232) wird so an der Fläche angebracht, daß die Magnetflußlinien, die durch die Nähe eines Zahnradzahns (234) hervorgerufen werden, durch einen im Chip (218) vorgesehenen Hall-Effekt-Sensor hindurchtreten.

Die Stärke des vom Magneten erzeugten Magnetfelds wird so gewählt, daß die elektronische Schaltung des Chips (218) die Wirkungen des übrigen Magnetfelds aufheben und dennoch irgendwelche Magnetfeldänderungen infolge der Bewegung des Zahns des Zahnrades messen kann. Das sich bewegend, magnetisch-ansprechende Material des Zahns des Zahnrades, das sich an der Hall-Effekt-Zelle des Chips (218) vorbeibewegt, ruft eine Zunahme des Flusses des Magnetfelds hervor, die von der Zelle erfaßt wird. Der Ausdruck "magnetisch-ansprechend" wird verwendet, um irgendein Material zu kennzeichnen, das eine höhere Leitfähigkeit gegenüber dem Magnetfluß als Luft hat und durch einen Magneten angezogen wird.

Der Hall-Effekt-Sensor erfaßt die Änderung des Magnetfelds, und überschreitet diese Änderung die Schwelle des Chips (218), so führt der Chip (218) einen Schaltvorgang aus und ändert seinen Widerstand. Dies ruft eine Änderung des Stromflusses im Chip (218) hervor, die von einer auf das Sensorausgangssignal ansprechenden Schaltung erfaßt wird. Die auf das Sensorausgangssignal ansprechende Schaltung stellt vorzugsweise einen Teil eines Mikroprozessor-Systems dar oder steht mit diesem in Verbindung.

Während der Zahn des Zahnrades mit seiner Bewegung fortfährt, nimmt das Magnetfeld ab und der Sensor führt wieder einen Schaltvorgang aus, so daß dieser seinen früheren Widerstand wieder annimmt. Diese Widerstandsänderung wird wieder von der auf das Sensorausgangssignal ansprechenden Schaltung erfaßt. Auf diese Weise kann die augenblickliche Stellung des

Zahns des Zahnrades bestimmt werden.

Der gleiche Fall tritt ein, sobald jeder nachfolgende Zahn des Zahnrades sich an dem Sensor vorbeibewegt. Dabei wird eine Reihe von elektrischen Impulsen erzeugt, deren Frequenz dann auf die Umfangsgeschwindigkeit des Zahnrades hinweist. Demzufolge kann die Umfangsgeschwindigkeit des Zahnrades auch auf eine im Stand der Technik gut bekannte Art und Weise gemessen werden.

Die Leitungen (214 und 216) werden in eine Richtung senkrecht zur Ebene des eingekapselten Chips (218) gebogen. Leitungsdrähte (248 und 250) erstrecken sich von einem mehradrigen Kabel (252) weg, wie dies aus Fig. 12 ersichtlich ist. Die Drähte (248 und 250) sind an den Leitungen (214 und 216) durch Schweißen, Hartlöten oder Weichlöten oder durch andere bekannte Mittel befestigt, um einen sicheren elektrischen Kontakt vorzusehen. Für die zweite Einkapselung wird das Ende des mehradrigen Kabels (252) mit Verbindungsmessern bzw. -stiften verbunden, wie dies später beschrieben wird.

Die erste Einkapselung umhüllt den Chip (218), die Kontaktanschlußflächen (220 und 222) sowie einen Teil des Leitungsrahmens und bildet das Sensorelement aus. Die zweite Einkapselung umschließt das Sensorelement, die Leitungen (214 und 216), den Magneten (232) und einen Teil der Verbindungsleitungen (248 und 250) und bildet die Sensorelement- und Magnetbaueinheit (242) aus. Die Verbindungsleitungen sind an einem mehradrigen Kabel befestigt, wie dies mit Bezug auf die Fig. 12 beschrieben wird. In der Fig. 11 ist auch ein Luftspalt (238) dargestellt, der den Abstand zwischen der Sensorelement- und Magnetbaueinheit (242) und dem Zahn (234) des Zahnrades wiedergibt.

Ebenso ist ein Flußkonzentrator (136) gezeigt, der als Polstück zur Konzentrierung des Magnetfeldes dient.

Fig. 12 zeigt die in Fig. 11 gezeigte Sensorelement- und Magnetbaueinheit (242), die in ein hohles zylindrisches, mit einem Gewinde versehenes Element (244) eingesetzt ist. Das Element (244) ist aus einem nichtmagnetischen Material hergestellt. Das mehradrige Kabel (252) verläuft durch das hohle, zylindrische Element und ist mit entsprechenden Verbindungsmessern bzw. -stiften (246) verbunden. Das Kabel (252) steht mit den Verbindungsleitungen (248 und 250) und mit den entsprechenden Verbindungsstiften (246) mit Hilfe einer Schweißung, Hartlötung oder Weichlötung in Verbindung.

Die Sensorelement- und Magnetbaueinheit ist im zylindrischen Element (244) an dessen Ende befestigt, so daß der im Chip vorgesehene Hall-Effekt-Sensor auf der Längsachse des zylindrischen Elements (244) liegt und zusammen mit dem Ende des hohlen Elements abschließt. In dieser Position berührt die Drehung des zylindrischen Elements (244) die Position des Hall-Effekt-Sensors nicht. Da sich das zylindrische Element (244) während der Positionierung um den Hall-Effekt-Sensor drehen kann, beeinträchtigt die Drehbewegung des zylindrischen Elements (244) die Flußmessungen der Zahnradzahnsensorbaueinheit nicht. Die Position des Hall-Effekt-Sensors ist sehr wichtig, da eine Lageänderung oftmals unexakte Messungen der momentanen Position des Zahnradzahns bewirken kann.

Die dritte Einkapselung bildet die Einheit, die anhand des schraffierten Bereichs dargestellt ist. Diese Einheit umschließt einen Teil des zylindrischen Elements (244) und die Verbindungsstifte (246), um einen festen, einheitlichen Körper auszubilden. Das Material ist elastisch

genug, um einen ein rasches Verbinden und ein rasches Lösen der Verbindung ermöglichenden Stecker abstützen zu können, der mit den Verbindungsstiften (246) gekoppelt ist. Die geformte Einheit (247) bildet eine Stiftkontakteinheit, die ein rasches Verbinden und ein rasches Lösen der Verbindung ermöglicht, in bekannter Art und Weise aus.

Betrachtet man wieder die Fig. 11, so ist dort eine Sensorbaugruppe gezeigt, für die drei aufeinanderfolgende Formvorgänge erforderlich sind. Alternativ kann der erste und zweite Formvorgang entweder durch Befestigen des Magneten an dem Leitungsrahmen, zu dem Zeitpunkt, bei dem der Hall-Effekt-Sensor bzw. der Chip daran befestigt wird, oder durch Einsetzen des Magneten in die Form vor dem Leitungsrahmen, zu dem Zeitpunkt, bei dem der Hall-Effekt-Sensor bzw. der IC-Chip daran befestigt wird, und Einkapseln der Hall-Effekt-Sensorbaueinheit und des Magneten in einem Vorgang durchgeführt werden. Die in Fig. 14 gezeigte eingekapselte Sensorelement- und Magnetbaueinheit weist vorzugsweise Ausbuchtungen (256) auf, die das Sensorelement in der Form für den nachfolgenden Spritzgießvorgang anordnen und zentrieren.

Wie aus Fig. 13 ersichtlich, bildet der Spritzgießvorgang die gesamte Zahnradzahnsensorbaueinheit (254) einschließlich des mit Gewinde versehenen, zylindrischen Teils (258) aus. Die mehradrige Leitung (252) steht elektrisch mit den Verbindungsstiften in Verbindung, wie dies vorher beschrieben wurde, und die Zahnradzahnsensorbaueinheit (254) weist die Sensorelement- und Magnetbaueinheit (242), die mehradrige Leitung (252) und die Verbindungsstifte (246) auf. Durch den Einkapselungsprozeß wird ein einheitlicher fester Körper ausgebildet, an dessen einem Ende das Sensorelement und an dessen anderem Ende der Stecker für eine schnelle Verbindung und ein schnelles Lösen der Verbindung vorgesehen sind. Dieses Ausführungsbeispiel ist kosteneffektiv bei einer Produktion mit hohem Volumen.

Die Sensorelement- und Magnetbaueinheit, das zylindrische Element und die dritte Einkapselung bilden eine einzige Einheit, die als Zahnradzahnsensorbaueinheit für einen Verbrennungsmotor dienen kann. Die Zahnradzahnsensorbaueinheit kann in einem Verbrennungsmotor oder dergleichen z. B. durch Einschrauben in das Steuergehäuse eingesetzt werden, wobei die Verbindungsstifte mit einer geeigneten Signalverarbeitungsschaltung, wie z. B. einem Oszilloskop oder einem Mikroprozessorsystem in Verbindung stehen.

Sobald ein Zahn eines Zahnrades oder ein anderes magnetisch-ansprechendes Material sich vor dem Hall-Effekt-Sensor in Form eines IC vorbeibewegt, wirkt dieser Zahn als ein Flußkonzentrator, wodurch das Magnetfeld gegenüber einem "zahnlosen" Zustand zunimmt. Da die integrierte Schaltung gegenüber einer Magnetfeldänderung empfindlich ist, spricht diese auf die vor- und die nachteilige Kante des Zahns des Zahnrades an. Somit kann die momentane Position leicht durch Erfassung der Signalfrequenz bestimmt werden.

Die integrierte Schaltung weist vorzugsweise einen Hall-Effekt-Sensor auf, der der Erfassung einer Magnetfeldänderung außerhalb der Schaltung dient und ein Ausgangssignal erzeugt, das charakteristisch für die Magnetfeldänderung ist. Ein geeigneter, integrierter Hall-Effekt-Sensor ist in den US-Patentanmeldungen 6 33 235, 7 01 535 und 7 76 533 offenbart. Dieser Hall-Effekt-Sensor wird auch nachfolgend mit Bezug auf die Fig. 15 bis 20 beschrieben. Kurz gesagt, mit dem Aus-

gang der Sensoreinrichtung sind Schaltkreiseinrichtungen elektrisch gekoppelt, um ein Ausgangssignal zu erzeugen, das das Vorliegen einer Magnetfeldänderung anzeigt. Eine Niederstromschaltung ist an den Ausgang der Sensorschaltung und an die Anzeigeschaltung zur Nullung der elektronischen Schaltung angekoppelt, die auf das Ausgangssignal der Sensorschaltung anspricht, um dadurch den Einfluß von statischen Magnetfeldern, die durch den Permanentmagneten erzeugt werden, sowie irgendwelche spontane Magnetfelder zu beseitigen.

Die Nullungsschaltung arbeitet bei einem sehr geringen Strombereich in der Größenordnung von 2 bis 3 nA, und zwar in Verbindung mit einem Kondensator, der an den Ausgang der Niederstrom-Nullungsschaltung angeschlossen ist, und mit einer Einrichtung zum Laden und Entladen des Kondensators, die auf irgendein Ungleichgewicht des Eingangs für die Anzeigeschaltung anspricht. Die elektronische Schaltung ist so ausgelegt, daß sie die Funktion des Erfassens eines magnetischen Impulses durchführt, während diese irgendein Hintergrundfeld ignoriert. Diese elektronische Schaltung arbeitet ferner ohne externe Komponenten in einem Zweileiter-Aufbau über einen weiten Temperaturbereich. In Verbindung mit dieser Funktion ist die Schaltung in einen monolithischen Halbleiterkörper integriert, der eine Geometrie mit einem sehr geringen Leckstrom aufweisenden Transistoren verwendet, um sehr niedrige Stromkennwerte zu erhalten. Sowohl die Anzeigeschaltung als auch die Niederstrom-Nullungsschaltung weisen Komperatoren auf, die durch Planartransistoren in einem einzigen monolithischen Halbleiterkörper ausgebildet sind, in denen niedrige Sperrschichtleckstromkennwerte mit einem speziellen Halbleiterbereichsaufbau und der Verwendung eines hochdotierten Basisbereichs, der sich nach außen erstreckt und den Basis-Kollektorübergang mit zumindest einem Teil des Basisbereichs überlappt. Dieses Merkmal wird zusammen mit einem hochdotierten Substrat verwendet, um die niedrigen Übergangsleckstromkennwerte zu erzielen.

Die magnetische Sensoreinrichtung weist einen Hall-Effekt-Sensor auf, der mit der elektronischen Schaltung in dem monolithischen Halbleiterkörper integriert ist und dessen Ausgang an einen Verstärker angekoppelt ist, der wiederum Ausgangssignale in Erwidierung auf vom Sensor erfaßte Magnetfeldänderungen erzeugt, die den Anzeigeschaltungs- und Nullungsschaltungsfunktionen zugeführt werden.

Wie aus den Fig. 15 bis 20 ersichtlich, ist dort eine zweipolige, integrierte Hall-Effekt-Sensorschaltung gezeigt, die mit den Sensoranordnungen der Fig. 1 bis 14 benutzt werden kann.

In Fig. 15 ist eine elektronische Schaltung zur dynamischen Erfassung und Verarbeitung von Signalen dargestellt, die kennzeichnend für Magnetfeldänderungen sind. Obwohl die Schaltung (310) der Fig. 15 in Form diskreter Schaltkreiskomponenten aufgebaut ist, wird diese gesamte Schaltung vorzugsweise in einen einzigen monolithischen Halbleiter-Körper integriert, und zwar mit Ausnahme gewisser externer Komponenten, wie dies nachfolgend näher beschrieben wird. Diese Schaltung (310) schließt einen Hall-Effekt-Sensor (312) ein, mit dem Temperaturkompensationsdioden (314) in Reihe geschaltet sind.

An die beiden Ausgangsklemmen des Hall-Effekt-Sensors (312) ist ein Verstärker (316) angekoppelt, der einen positiven Ausgang A und einen negativen Ausgang B aufweist. Die Ausgänge A und B des Verstärkers

bilden einen Eingang für die Komparatorschaltungen (318 und 320), die zu den entsprechenden Ausgängen A und B parallel geschaltet sind, wie dies aus Fig. 15 ersichtlich ist. An jeden Eingang des Komparators (318) ist eine Impedanzanpassungsschaltung (322) angeschlossen, um eine Impedanzbelastung des Komparators (320) und des Verstärkers (316) durch den Komparator (318) zu verhindern. Wie später detailliert beschrieben wird, baut der Komparator (320) auf sehr geringe Stromkennwerte, um als Nullungsschaltung für das gesamte elektronische System (310) zu funktionieren.

Der Ausgang des Komparators (318) steht mit der Basis eines Ausgangstransistors (324) in Verbindung, der durch einen hochfrequenzüberschlagbegrenzenden Kondensator (326) nebengeschlossen ist. Zwischen die Ausgangsklemmen (332 und 330) ist eine Lastimpedanz (328) in Reihe mit dem Transistor (324) geschaltet. Wie nachfolgend genauer beschrieben, bilden die Anschlußklemmen (332 und 330) (Anschluß bzw. Erde) die einzigen Eingangs- und Ausgangsanschlußverbindungen der Schaltung (310), was deren Betrieb in hohem Maße vereinfacht. Ein externer Stromerfassungswiderstand (334) ist gleichfalls in Verbindung mit dem Betrieb der Schaltung (310) vorgesehen.

Betrachtet man noch einmal den Eingang A des Komparators (318), so ist zwischen der Impedanzanpassungsschaltung (322) und dem Eingang des Komparators (318) eine Offset- bzw. Verschiebungsimpedanz (336) vorgesehen. Dieser Verschiebungswiderstand (336) bestimmt die Schwelle für Änderungen des Magnetfeldes, die typischerweise so eingestellt wird, daß Magnetfeldänderungen in der Größenordnung von 30 bis 200 Gauß erfaßt werden können. Stromquellen I1 und I2 sind an den entsprechenden Ausgängen A und B des Verstärkers an der Eingangsseite des Komparators (318) nebengeschlossen. Die Funktion und die Ausstattung dieser Stromquellen I1 und I2 werden mit Bezug auf die Fig. 16 und 17 näher erläutert. Zum Zwecke dieser Erörterung sollte jedoch bemerkt werden, daß die Stromquellen I1 und I2 einen negativen Temperaturkoeffizienten erfordern.

Nunmehr wird die Nullungsschaltung näher betrachtet, die mit dem Ausgang des Komparators (320) zur Steuerung der Spannung am Ausgang A des Verstärkers (316) verbunden ist. Die Funktion des Nullungsschaltungsausgangs besteht in der Ausbildung einer Rückkopplungsschaltung, die ständig versucht, die am Ausgang A des Verstärkers (316) anliegende Spannung auf Null zu bringen, wodurch Effekte vermieden werden, die durch Umgebungsmagnetfelder, Temperaturänderungen und Abweichungen in der Bearbeitung der integrierten Schaltung, in der diese Schaltung aufgebaut ist, hervorgerufen werden, wie dies in den Fig. 18 bis 20 gezeigt und später näher erläutert wird. Die Nullungsschaltung weist einen Kondensator (338) auf, der zwischen dem Ausgang des Komparators (320) und Erde nebengeschlossen ist. Ein Transistor (342) und eine Nullungsimpedanz (344), die in Reihe geschaltet sind, sind zwischen dem Ausgang A und Erde nebengeschaltet, wobei die Basis des Transistors (342) mit dem Ausgang des Komparators (320) über eine Nullungsimpedanz-Anpassungsschaltung (340) verbunden ist. Beim Betrieb ist die Nullungsrates konstant, jedoch abhängig von den Wert und Kenndaten der verschiedenen Komponenten, die die Nullungsschaltung ausbilden. Die Nullungsschaltung dient der Steuerung der Rückkopplungsschleife zwischen dem Ausgang A des Verstärkers (316) und Erde, während jener Strom durch den Transistor (342)

fließt. Der Strompegel am Ausgang des Komparators (320) liegt in der Größenordnung von 2 bis 3 nA. Somit erfordern die Kenndaten der Transistoren, die den Komparator (320) ausbilden, außergewöhnlich niedrige Übergangsleckstromwerte.

Die Fig. 16 und 17 zeigen die elektronische Schaltung der Fig. 15 detaillierter.

In dem linken Mittelabschnitt der Fig. 16 sind der Hall-Effekt-Sensor (312) und die Temperaturkompensationsdioden (314) dargestellt. Der Verstärker (316) der Fig. 15 besteht aus folgenden Schaltkreiskomponenten: Transistoren Q1 und Q2, Widerständen R1 bis R4 und der Stromquelle I3. Die Stromquelle I3 besteht, wie aus Fig. 17 ersichtlich, aus dem Transistor Q2 und dem Widerstand R16. Typischerweise sieht die Stromquelle I3 einen Strom in der Größenordnung von $147\mu\text{A}$ vor.

Aus dem rechten mittleren Teil der Fig. 16 ist ersichtlich, daß der Komparator (318) aus den Transistoren Q7, Q8, Q103 und Q104 besteht. Wie aus Fig. 17 ersichtlich, bestehen die Stromquellen I1 und I2 aus Transistoren Q12 und Q13, Widerständen R14 und R15 sowie Dioden D10 und D11. Typischerweise erzeugen die Stromquellen I1 und I2 einen Strom in der Größenordnung von $30\mu\text{A}$.

Die Impedanzanpassungsschaltung (322) der Fig. 15 wird durch die Transistoren Q3 und Q4 in der oberen rechten Mitte der Fig. 16 gebildet.

Der Ausgangstreiberabschnitt der elektronischen Schaltung der Fig. 15 umfaßt Transistoren Q14 und Q15 (im äußersten rechten Teil der Fig. 16 dargestellt), sowie einen Kondensator (326) und einen Widerstand R7. Es ist verständlich, daß die Transistoren Q14 und Q15 die Schaltung bilden, die durch den Transistor (324) der Fig. 15 definiert ist. Eine Stromquelle I4 steht mit dem Treiberabschnitt der Schaltung zwischen Transistoren Q14 und Q15 in Verbindung und ist detaillierter in Fig. 15 gezeigt, wo die Stromquelle I4 durch Transistoren Q31 und Q32 dargestellt ist.

Nunmehr wird die Mitte der Fig. 16 betrachtet. Der Komparator (320) der Fig. 15 wird durch die Transistoren Q5, Q6, Q101 und Q102 zusammen mit der Stromquelle I5 gebildet. Wie aus Fig. 17 ersichtlich, besteht die Stromquelle I5 aus Transistoren Q25 (ein Mehrfachkollektortransistor für die Betakompensation) und Q23. Typischerweise sieht die Stromquelle I5 einen Stromeingang für den Komparator (320) in der Größenordnung von etwa 2 nA vor, und zwar aus den oben erwähnten Gründen. Die Temperatur- und Versorgungskompensation bezüglich der Stromquelle I5 wird durch die Kombination der Transistoren Q15 und Q22 der Diode D21 und den zugehörigen Widerständen vorgesehen, wie dies aus Fig. 17 ersichtlich ist. Eine PNP-Betakompensation des Transistors Q25 wird durch einen Transistor mit Mehrfachkollektor ausgebildet.

Im äußerst linken Teil der Fig. 16 ist die Nullungsschaltung gezeigt. Diese Nullungsschaltung schließt den Kondensator C1 ein, der dem Nullungskondensator (338) der Fig. 15 entspricht.

Die Ausgänge des Verstärkers (316) sind in Fig. 16 mit den gleichen Bezeichnungen gekennzeichnet, nämlich mit A und B. Die Nullungsschaltung umfaßt Transistoren Q9, Q11, Q12, Q13 und Q105 sowie eine Diode D12 und einen Widerstand R5. Die Nullungsschaltung schließt zwei Stromquellen I6 und I7 ein, die in Fig. 17 detaillierter dargestellt sind. Die Stromquelle I6 umfaßt einen Transistor Q24, dessen Basis an den Transistor Q22 und die zugehörigen Widerstände angeschlossen ist. Typischerweise erzeugt die Stromquelle I6 einen

Strom in der Größenordnung von 3 nA.

Die Stromquelle 17 wird, wie aus Fig. 17 ersichtlich, durch Transistoren Q 17 und Q 18 gebildet, die typischerweise einen Strom in der Größenordnung von 0,1 μ A vorsehen.

Die Stromquelle 15 ist mit den Emittern der Transistoren Q 101 und Q 102 des Komparators (320) verbunden (siehe mittlerer oberer Abschnitt der Fig. 16). In ähnlicher Weise ist die Stromquelle 18 an die Emitter der Transistoren Q 103 und Q 104 des Komparators (318) angeschlossen und wird in Fig. 17 durch den Transistor Q 7 gebildet. Typischerweise erzeugt die Stromquelle 18 einen Stromeingangswert in der Größenordnung von etwa 10 μ A.

Eine Konstruktion der elektrischen Schaltung (310) der Fig. 15 bis 17 anhand eines integrierten Schaltungsaufbaus wird nachfolgend mit Bezug auf die Fig. 18 bis 20 beschrieben.

Wie aus Fig. 18 ersichtlich, stellt das Ausgangsmaterial typischerweise eine monolithische Siliziumhalbleiterschleibe mit einer 1-1-1-Orientierung von $4^\circ \pm 0,5^\circ$ und einer Dicke in der Größenordnung von $25,4 \times 10^{-2}$ mm (10 mils). Wie dargestellt, hat die monolithische Halbleiterschleibe eine obere Fläche (353) und eine untere Fläche (351) und ist hochdotiert in der Größenordnung von etwa 0,08 bis 0,25 Ω -cm Ein relativ hoch dotierter versenkter N-Kollektorbereich (352) ist in die obere Fläche (353) des monolithischen Chip (350) eindiffundiert, der einen Dotierungsgrad von etwa 10^{20} aufweist.

Als nächstes wird auf der oberen Fläche (353) des monolithischen Chips (350) eine epitaktische Schicht aus Silizium gezüchtet bzw. gezogen. Die epitaktische Schicht (356) weist einen leicht dotierten N-Bereich auf, der eine Konzentration in der Größenordnung von 2×10^{16} hat. Die Ablagerung der Schicht (356) hat zur Folge, daß sich der versenkte Teil des Kollektorbereichs (352) nach oben ausbreitet, wie dies bei (354) gezeigt ist.

Wie aus Fig. 19 ersichtlich, sind ein P+-Isolationsring (358) und ein N+-Kollektorkontaktbereich (360) von der oberen Fläche der epitaktischen Schicht (356) in diese Schicht eindiffundiert. Typischerweise ist der Kollektoring (360) bis hinab zum versenkten N+-Bereich (354) eindiffundiert. Als nächstes wird ein mäßig dotierter Basisbereich (362) von der oberen Fläche der epitaktischen Schicht in den relativ leicht dotierten N--Bereich (356) des Kollektors eindiffundiert. Gemäß der Erfindung überlappt die Grenzfläche des mäßig dotierten P+-Bereichs (362) den Kollektoring (360) und erstreckt sich in diesen hinein, wobei diese Grenzfläche als Element (363) gekennzeichnet ist. Typischerweise weist der mäßig dotierte P+-Basiskontaktbereich (362) eine Dotierungskonzentration in der Größenordnung von 10^{18} und einen Schichtwiderstand von 23 bis 62 Ω /cm² (150 bis 400 Ω /sq).

Anschließend wird, wie aus Fig. 20 ersichtlich, ein relativ hoch dotierter Emitterbereich (364) in den Basiskontaktbereich (362) von der Oberfläche der epitaktischen Schicht (356) her eindiffundiert. Typischerweise hat der Emitterbereich (364) eine Dotierungskonzentration in der Größenordnung von 10^{20} . Obwohl nicht dargestellt, ist es verständlich, daß die verschiedenen oben beschriebenen Diffusionstechniken das Öffnen eines Diffusionsdurchganges in eine Siliziumdioxidschicht auf der Oberfläche der epitaktischen Schicht (356) erfordern und daß die Öffnungen dieser Durchgänge den Ort der verschiedenen planaren Bereiche (358, 360, 362 und 364) steuert. Als letzter Schritt muß ferner, obwohl nicht gezeigt, die letzte Siliziumdioxidschicht geöffnet wer-

den, damit Metallisierungsmuster abgelagert werden können, die den gewünschten Kontakt mit den verschiedenen Bereichen herstellen. Werden die verschiedenen Transistoren der Komparatoren (318 und 322) sowie die Nullungsschaltung in einer monolithischen integrierten Schaltung entsprechend dem Diffusionsprofil und der Diffusionsgeometrie der Fig. 18 bis 20 hergestellt, so weisen die daraus resultierenden Transistoren einen Übergangsleckstromwert in der Größenordnung von etwa 0,2 nA maximal auf, und zwar unter Ruhezustandsbedingungen und bei maximalen Betriebstemperaturen (in der Größenordnung von 125°C). Aufgrund dieser Charakteristik kann die Nullungsschaltung der Fig. 15 den Strom am Punkt A des Verstärkers (316) mit außergewöhnlich niedrigen Stromwerten auf Null bringen. Aufgründessen kann die gesamte Schaltung (310) der Fig. 15 relativ kleine Änderungen des Umgebungsmagnetfeldes erfassen, wie oben erwähnt, und zwar in der Größenordnung von 10 bis 200 Gauß.

Im einzelnen kann die Schaltung (310) der Fig. 15 die Funktion der Erfassung eines magnetischen Impulses in der oben erläuterten Größenordnung durchführen, während diese das Hintergrundfeld unbeachtet läßt. Ferner arbeitet die Schaltung (310) ohne wesentlichen externen Komponenten in einem zweipoligen Aufbau über einen weiten Temperaturbereich, wobei nur sehr kleine Ströme (nA) erforderlich sind, die Schaltung (310) in eine monolithische integrierte Schaltung eingebaut ist und die Verwendung eines auf dem Chip angeordneten Metalloxid-Halbleiterkondensators als Nullungskondensator (338) möglich ist.

Die Stromquelle für die dem Komparator (320) der Fig. 15 zugeordneten Nullungsschaltung erzielt eine verringerte Leistungsempfindlichkeit, eine Temperaturkompensation und eine verringerte Versorgungsempfindlichkeit gegenüber Betavariationen der Transistoren, welche zusammen mit den Merkmalen der Nullungsschaltung und der den Komparatoren (318 und 320) zugeordneten Transistoren ermöglichen, daß der Komparator (320) in Bereichen von 2 bis 3 nA betrieben werden kann.

Der zweipolige Aufbau der Schaltung (310) der Fig. 15, bei der die Klemme (332) den Anschluß und die Klemme (330) die Erde darstellt, verwendet den externen Widerstand (334), um eine Hysterese zur Vermeidung von Störungen vorzusehen, indem eine positive Rückkopplung dem Hall-Effekt-Sensor (312) hinzugefügt wird. Dies geschieht, da das Signal während des Betriebs der Schaltung ansteigt, wodurch die Spannung am Hall-Effekt-Sensor (312) ansteigt und somit dessen Ausgangssignal, das proportional zur anliegenden Spannung ist. Während des Betriebs wird das Signal vom Hall-Effekt-Sensor (312) zuerst vom Verstärker (312) verstärkt der in einem linearen, temperaturkompensierten Differentialmodus arbeitet. Die Schaltschwelle zwischen dem Komparator (318) und dem Ausgang des Verstärkers (316) wird erreicht durch Verwendung von Emitterfolgern zwischen dem Verstärker (316) und dem Ausgangskomparator (318) (vergleiche Fig. 16) und des Verschiebungswiderstands (336), der am Ausgang A des Verstärkers (316) angeschlossen ist. Eine Temperaturkompensation wird mit der zugehörigen Stromquelle ausgeführt.

Somit stellt die elektronische Schaltung (310) der Fig. 15 die detaillierter in den Fig. 16 und 17 gezeigt ist, eine Einrichtung zum dynamischen Erfassen und Verarbeiten von Signalen zur Verfügung, die charakteristisch für Magnetfeldänderungen sind.

NACHGEREICHT

Fig. 1-2c

3720148

FIG. 1

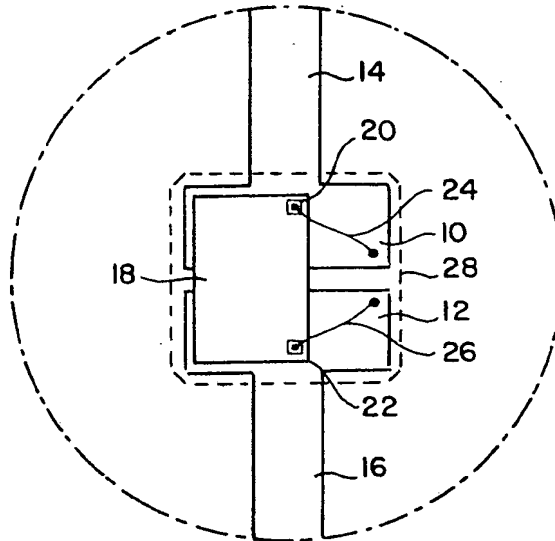
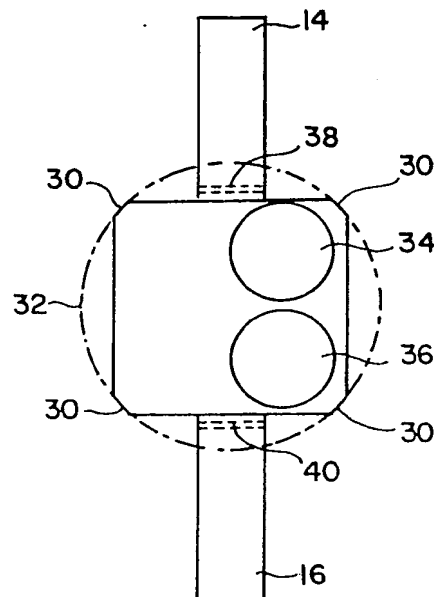


FIG. 2



3720148

FIG. 3

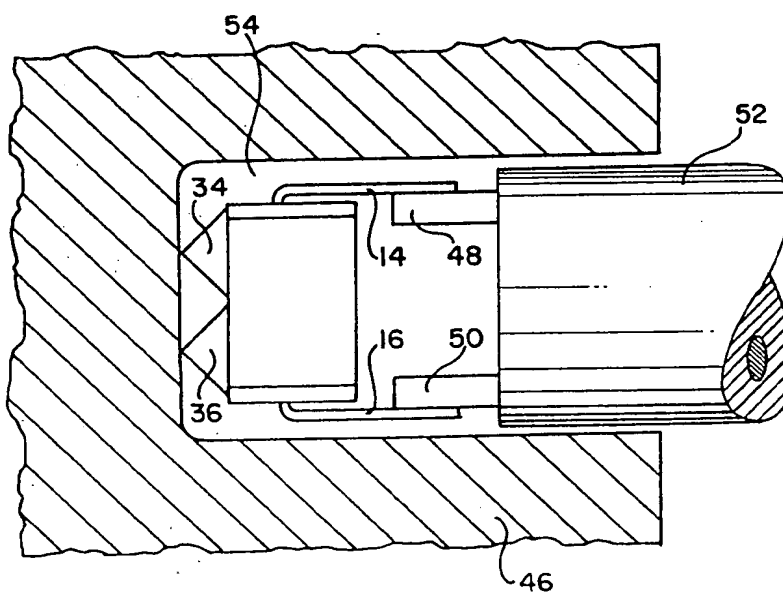
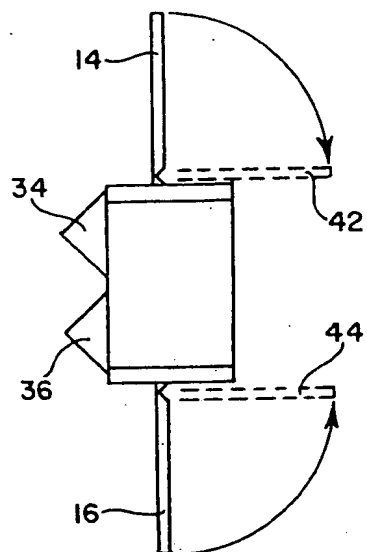


FIG. 4

3720148

FIG. 10

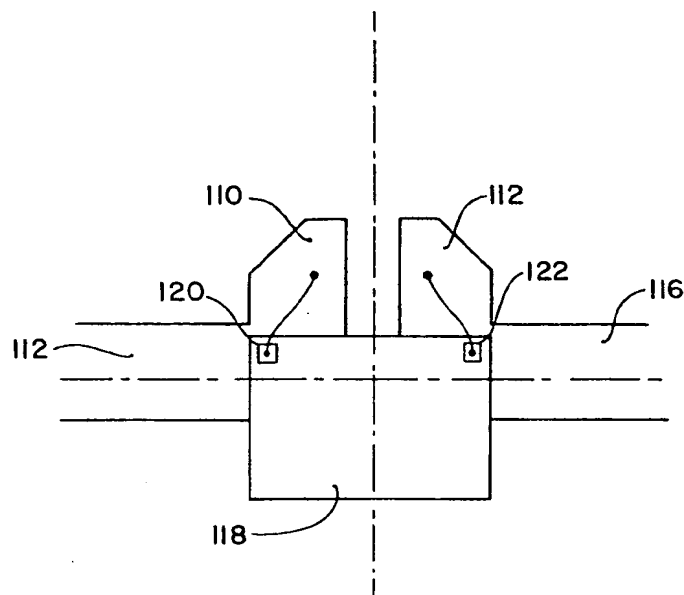
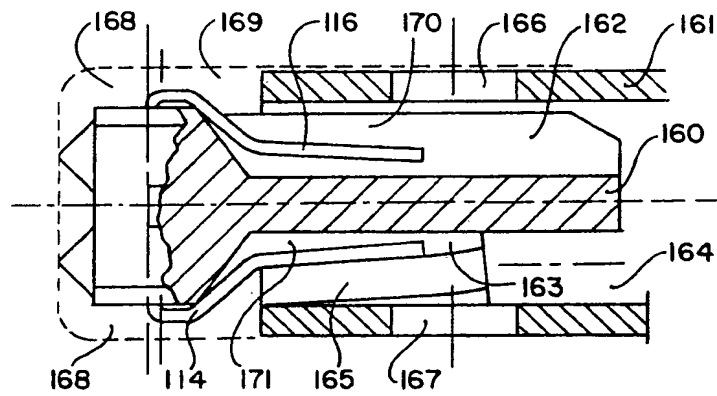


FIG. 5

3720148

FIG. 8

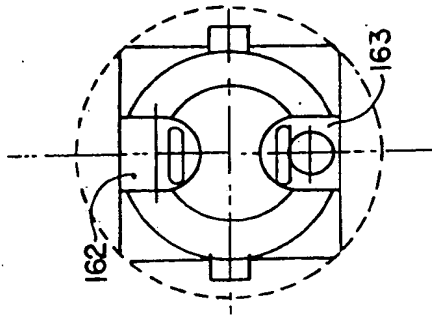


FIG. 7

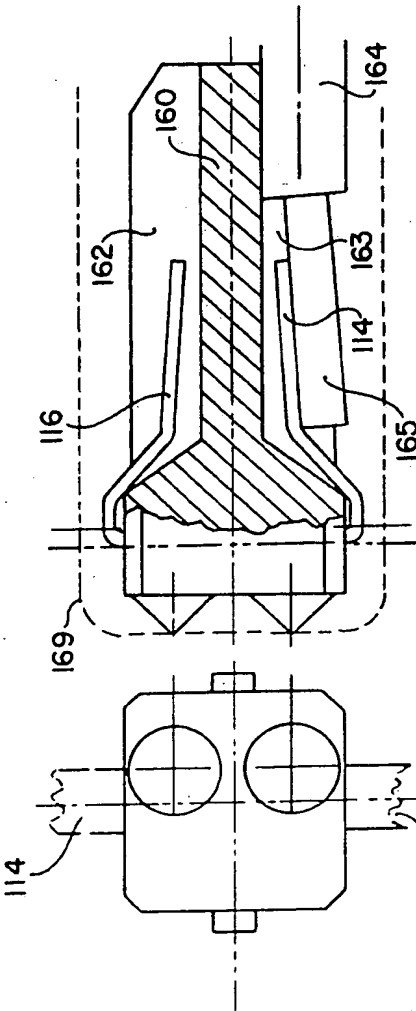


FIG. 6

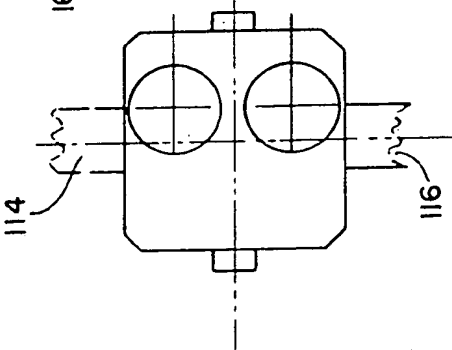
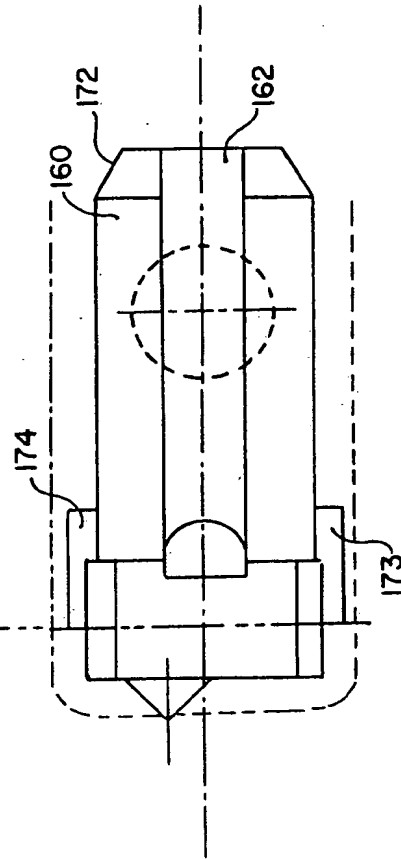


FIG. 9



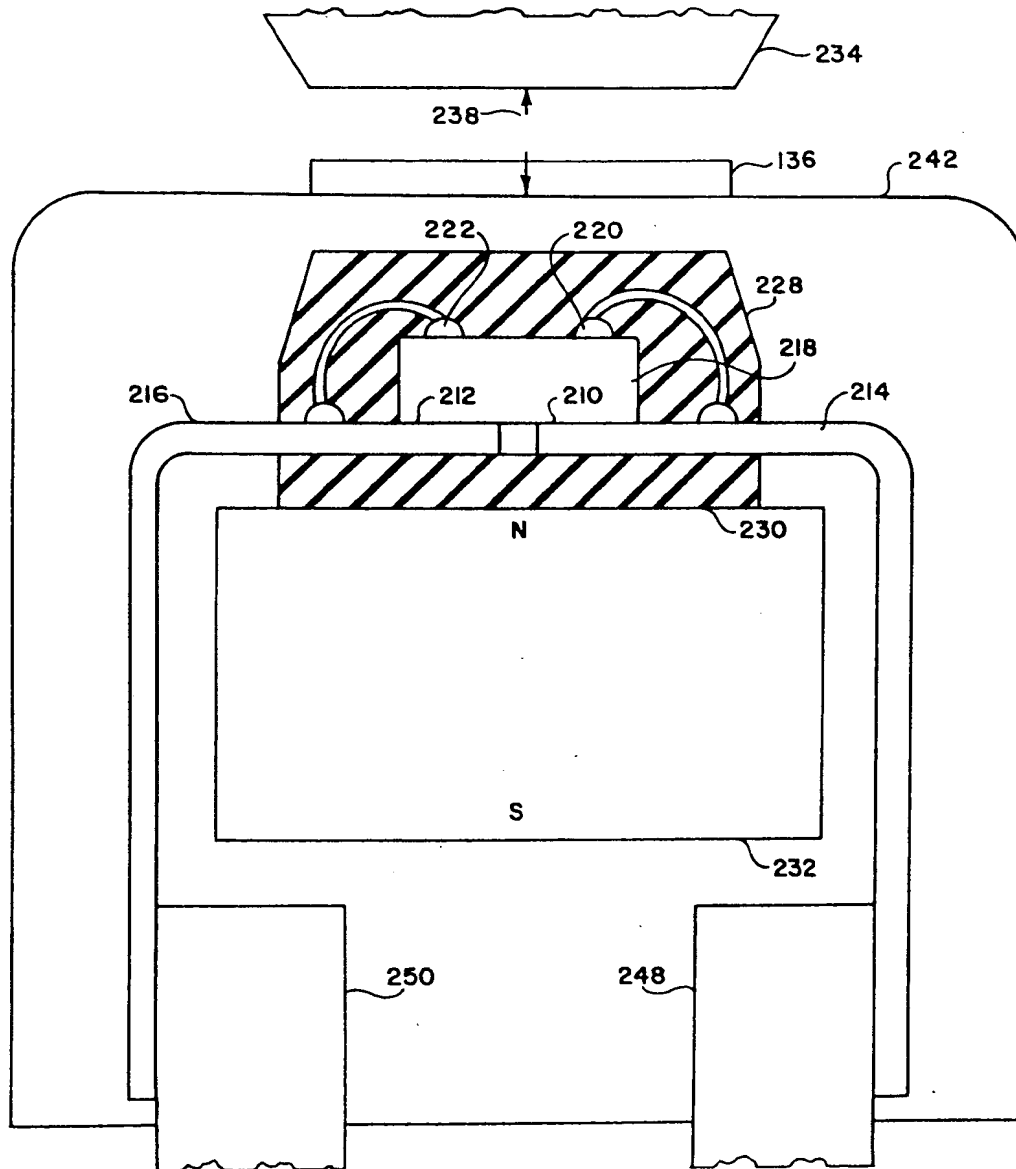


FIG. 11

3720148

FIG. 12

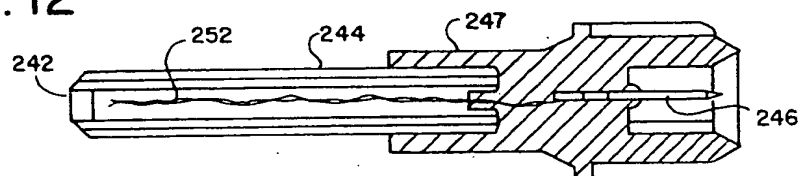


FIG. 13

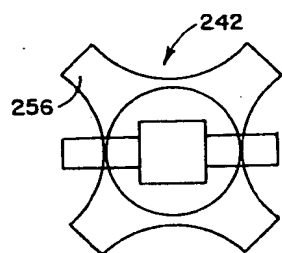
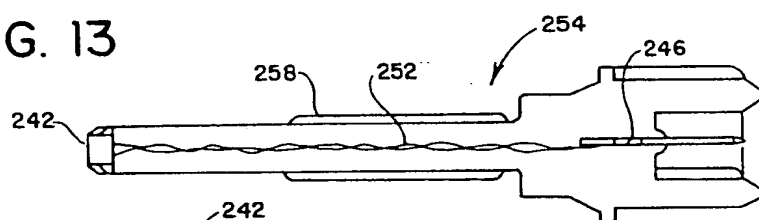


FIG. 14

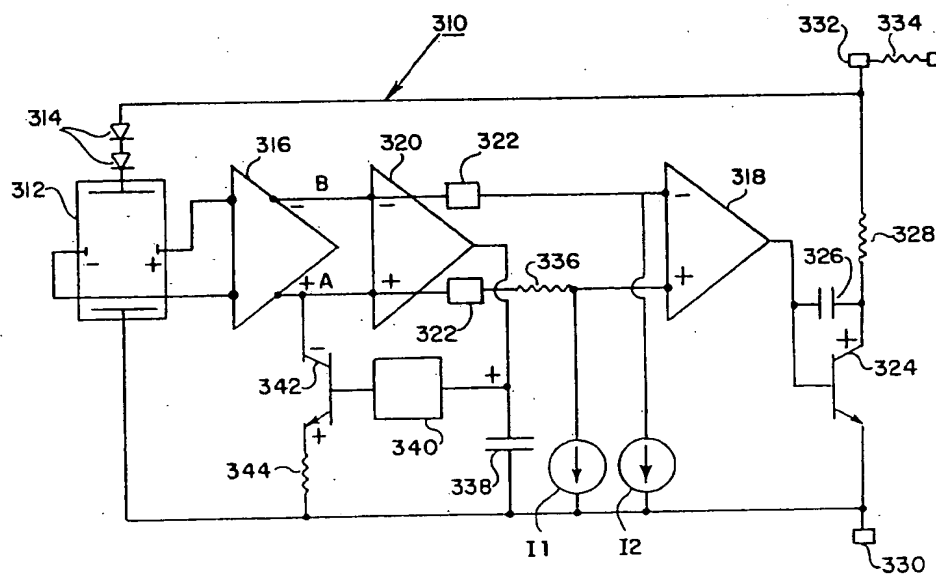


FIG. 15

ORIGINAL INSPECTED

3720148

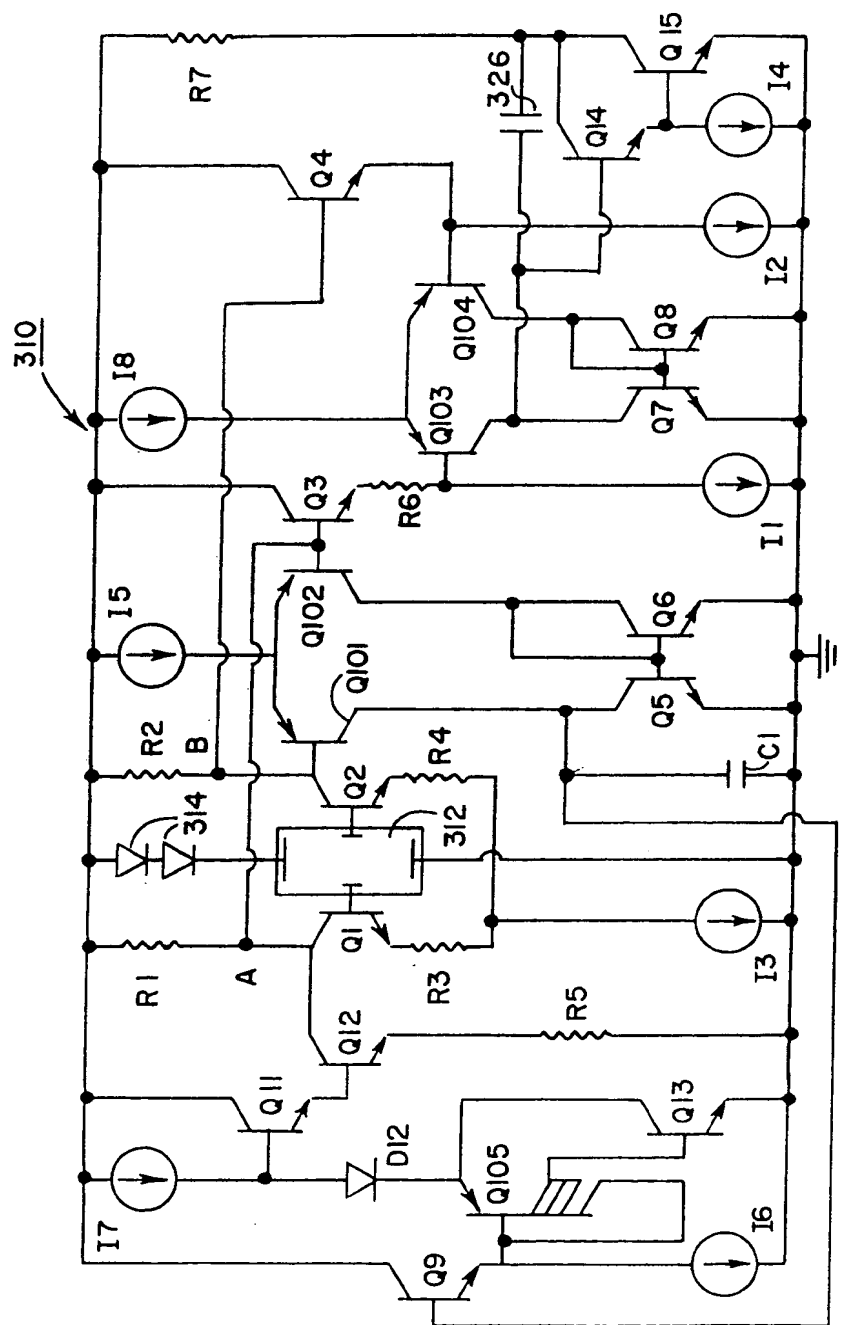


FIG. 16

ORIGINAL INCORPORATED

3720148

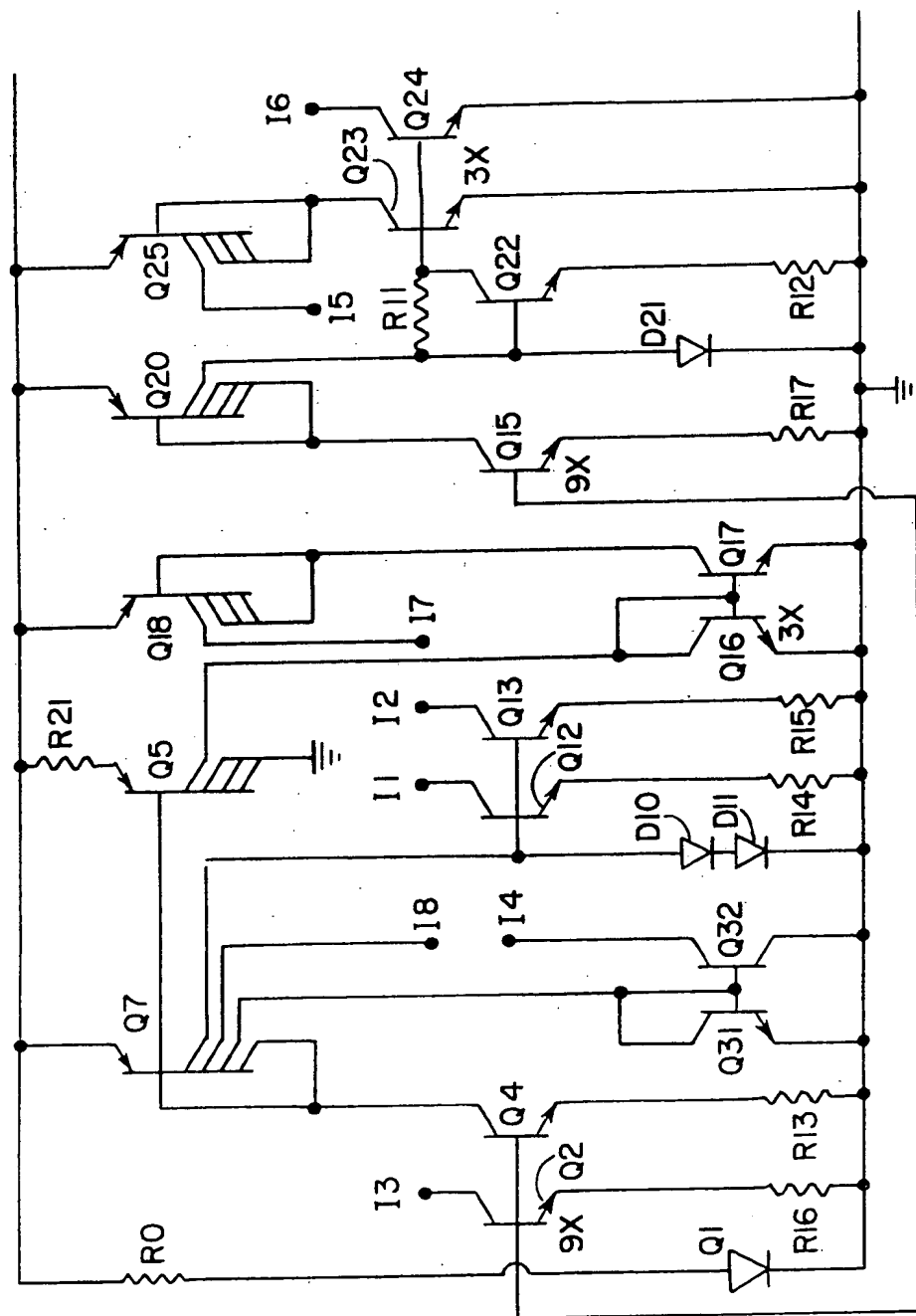


FIG. 17

ORIGINAL INSPECTED

3720148

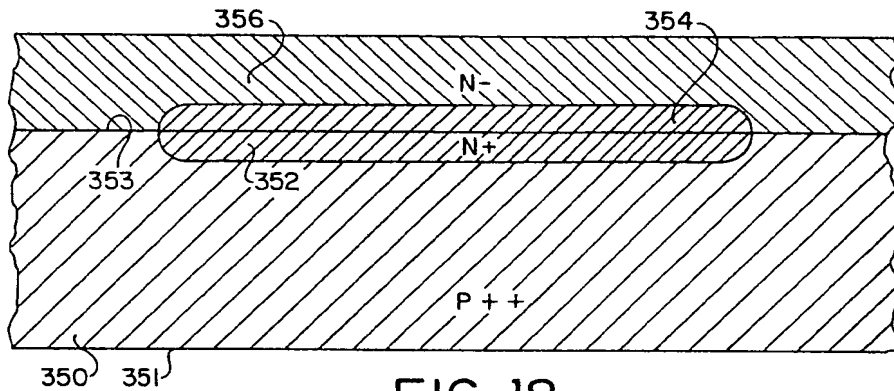


FIG. 18

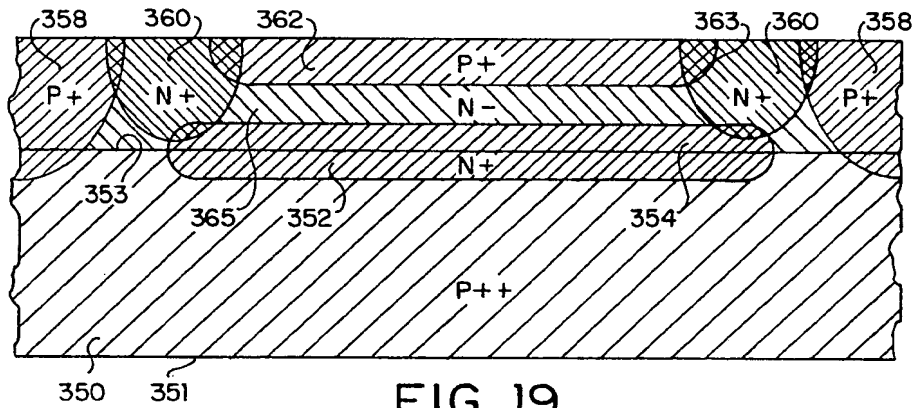


FIG. 19

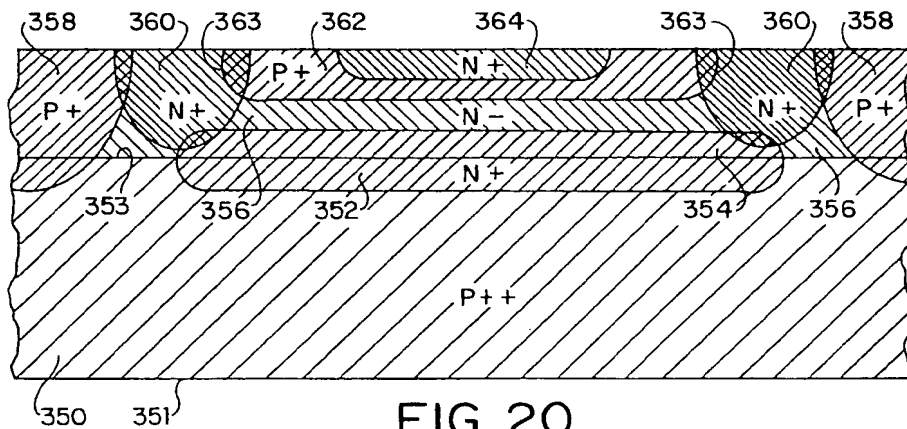


FIG. 20

ORIGINAL INCORPORATED